

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D 01 AUG 2003

WIPO PCT

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 23 985.1

Anmeldetag: 29. Mai 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Anordnung aus einem Bauteil und einer Kontrollvorrichtung, Verfahren zum Herstellen der Anordnung und Verwendung der Anordnung

IPC: G 01 M 13/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

#Vehner

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

**Anordnung aus einem Bauteil und einer Kontrollvorrichtung,
Verfahren zum Herstellen der Anordnung und Verwendung der
5 Anordnung**

Die Erfindung betrifft eine Anordnung aus einem Bauteil und mindestens einer Kontrollvorrichtung zum Erfassen einer Degradation des Bauteils. Daneben werden ein Verfahren zum
10 Herstellen der Anordnung und ein Verfahren zum Überprüfen einer Funktionsfähigkeit des Bauteils unter Verwendung der Anordnung angegeben.

Eine Anordnung der genannten Art ist beispielsweise im
15 Zusammenhang mit einer Brennkammer einer Gasturbine bekannt. Die Brennkammer weist einen Innenraum und ein den Innenraum umgebendes Gehäuse auf. Im Innenraum der Brennkammer wird ein fossiler Brennstoff verbrannt. Bei der Verbrennung wird eine Temperatur von bis zu 1500°C erreicht. Dabei treten auch
20 korrosive Gase auf, die das Gehäuse der Brennkammer angreifen. Zum Schutz des Gehäuses vor den hohen Temperaturen und vor einem Angriff korrosiver Gase ist die Brennkammer mit einer Vielzahl von sogenannten keramischen Hitzeschilden ausgekleidet.

Ein Hitzeschild ist ein Bauteil aus einem Bauteilmaterial, das eine sehr gute Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit aufweist. Das Bauteilmaterial ist beispielsweise ein
30 keramisches Material in Form von Mullit. Aufgrund einer porösen Struktur mit einer Vielzahl von Mikrorissen zeigt das keramische Material ein sehr gutes Thermoschockverhalten. Eine sehr starke Temperaturschwankung, die beispielsweise beim Unterbrechen des Verbrennungsprozesses in der Brennkammer der Gasturbine auftritt, wird ausgeglichen, ohne
35 dass das Hitzeschild zerstört wird. Allerdings kann es bei einer mechanischen Überlastung des Hitzeschildes zu einer Degradation des Hitzeschildes kommen. Es kann sich ein Riss

(Makroriss) im Hitzeschild bilden. Ein derartiger Riss bildet sich dabei insbesondere an einem Rand des Hitzeschildes. Im Betrieb kann es zu einer Ausbreitung des Risses in Richtung Mitte des Hitzeschildes kommen. Der Riss wirkt sich bis zu einer bestimmten Länge nicht nachteilig auf die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes aus und kann deshalb toleriert werden. Überschreitet der Riss aber eine bestimmte Länge, so ist die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes nicht mehr gesichert. Ein Austausch des Hitzeschildes ist erforderlich, um einen durch den Riss verursachten Bruch des Hitzeschildes während des Betriebs der Gasturbine zu vermeiden. Es ist also unbedingt notwendig, einen vorhandenen Riss zu erkennen und die Länge des Risses zu bestimmen.

Das Erfassen des Risses bzw. der Länge des Risses des Hitzeschildes wird während einer Standphase der Gasturbine mit Hilfe einer Kontrollvorrichtung zum optischen Erfassen des Risses durchgeführt. Das Erfassen erfolgt in der Regel vom Innenraum der Brennkammer aus. Dabei wird ein optisch zugänglicher Oberflächenabschnitt des Hitzeschildes kontrolliert, der dem Innenraum der Brennkammer zugewandt ist. Soll dagegen die Rückseite des Hitzeschildes kontrolliert werden, ist dies oft nur mit einem Ausbau des Hitzeschildes möglich. Die Rückseite ist ein Oberflächenabschnitt des Hitzeschildes, der dem Innenraum der Brennkammer abgekehrt ist. Das aufgezeigte Verfahren zum Erfassen der Degradation und damit zum Überprüfen der Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes ist sehr zeitaufwändig und damit kostenintensiv.

Aufgabe der Erfindung ist es, aufzuzeigen wie eine Degradation eines Bauteils einfach, schnell und sicher erfasst werden kann.

Zur Lösung der Aufgabe wird eine Anordnung aus einem Bauteil und mindestens einer Kontrollvorrichtung zum Erfassen einer Degradation des Bauteils angegeben. Die Anordnung ist dadurch

gekennzeichnet, dass die Kontrollvorrichtung mindestens eine von einer Funktion des Bauteils entkoppelte elektrisch leitfähige Kontrollstruktur mit einer bestimmten elektrischen Eigenschaft aufweist, und das Bauteil und die

5 Kontrollstruktur derart fest miteinander verbunden sind, dass die Degradation des Bauteils eine Degradation der Kontrollstruktur und damit eine Änderung der bestimmten elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur bewirkt.

10 Zur Lösung der Aufgabe wird auch ein Verfahren zum Herstellen der Anordnung mit den folgenden Verfahrensschritten angegeben:

a) Aneinander Anordnen des Bauteils und der Kontrollstruktur und

15 b) festes Verbinden des Bauteils und der Kontrollstruktur.

Darüber hinaus wird zur Lösung der Aufgabe ein Verfahren zum Überprüfen einer Funktionsfähigkeit eines Bauteils unter Verwendung der Anordnung angegeben. Das Verfahren zum

20 Überprüfen der Funktionsfähigkeit umfasst folgende Verfahrensschritte:

a) Bestimmen eines Ist-Wertes mindestens einer bestimmten elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur und

b) Vergleich des Ist-Wertes der elektrischen Eigenschaft mit einem die Funktionsfähigkeit des Bauteils wiedergebenden Soll-Werts der elektrischen Eigenschaft.

Die elektrisch leitfähige Kontrollstruktur ist ein beliebiges strukturiertes Netzwerk aus Widerständen, Kapazitäten und

30 Induktivitäten. Größe, Form und Leitermaterial der Kontrollstruktur und die feste Verbindung der Kontrollstruktur und des Bauteils sind derart gewählt, dass sich die Degradation des Bauteils in einer Degradation der Kontrollstruktur fortsetzt. Die Degradation der

35 Kontrollstruktur führt zu einer Änderung der elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur. Diese Änderung wird durch den Vergleich des Ist-Werts und des Soll-Werts der

elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur erfasst. Mit dem Bestimmen der elektrischen Eigenschaften der Kontrollstruktur ist ein Überprüfen eines Zustands und damit das Überprüfen der Funktionsfähigkeit des Bauteils möglich.

5

Zum Überprüfen des Zustandes des Bauteils ist die Kontrollstruktur beispielsweise an einer kritischen Stelle des Bauteils angebracht. Ein Auftreten der Degradation des Bauteils an der kritischen Stelle führt dazu, dass die Funktionsfähigkeit des Bauteils nur eingeschränkt oder gar nicht mehr gewährleistet wäre.

10

Das Bauteil ist beispielsweise ein eingangs beschriebenes Hitzeschild. Die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes ist nur dann gewährleistet, wenn ein sich vom Rand des Hitzeschildes in Richtung Mitte des Hitzeschildes ausbreitender Riss eine bestimmte kritische Länge nicht überschreitet. Die kritische Stelle des Hitzeschildes wäre in diesem Beispiel durch einen bestimmten Abstand vom Rand des Hitzeschildes in Richtung Mitte des Hitzeschildes festgelegt. Die Kontrollstruktur ist an der Oberfläche des Hitzeschildes in diesem Abstand beispielsweise ringförmig um die Mitte des Hitzeschildes angebracht.

15

20

Die beschriebene Anordnung aus Hitzeschild und Kontrollvorrichtung kann vorteilhaft auch dazu benutzt werden, um eine Anwesenheit des Hitzeschildes in der Brennkammer zu überprüfen. Liefert die Kontrollstruktur ein entsprechendes Signal, so ist das Hitzeschild vorhanden. Die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes ist gewährleistet. Ist dagegen kein entsprechendes Signal detektierbar, so ist entweder die Degradation des Hitzeschildes so weit fortgeschritten, dass die Kontrollstruktur zerstört ist, oder das Hitzeschild mit der Kontrollstruktur ist nicht mehr vorhanden. In beiden Fällen ist die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes nicht mehr gewährleistet. Durch ein ständiges Überprüfen während einer Betriebsphase des Hitzeschildes bzw.

30

35

der Brennkammer mit dem Hitzeschild kann auf die Degradation oder das Fehlen des Hitzeschildes sehr schnell reagiert werden. Ein mit der Degradation oder dem Fehlen des Hitzeschildes verbundener Folgeschaden kann beträchtlich eingeschränkt werden.

In einer besonderen Ausgestaltung ist die Degradation des Bauteils und/oder die Degradation der Kontrollstruktur aus der Gruppe Verformung und/oder Materialabtrag und/oder Rissbildung und/oder Rissausbreitung ausgewählt.

Beispielsweise tritt bei dem Bauteil als Verformung eine Verbiegung auf. Wenn die mit dem Bauteil verbundene Kontrollstruktur aus einem spröden, elektrisch leitfähigen Material besteht, kann die Verbiegung des Bauteils zu einem Riss oder einem Bruch der Kontrollstruktur führen. Damit würde sich beispielsweise ein elektrischer Gleichstrom-Widerstand der Kontrollstruktur ändern. Der Nachweis der Verbiegung erfolgt durch den Vergleich des Ist-Werts des elektrischen Gleichstrom-Widerstands der Kontrollstruktur mit dem Soll-Wert des elektrischen Gleichstrom-Widerstands. Die Verbiegung ist auch erfassbar, ohne dass das Bauteil direkt zugänglich ist.

In einer besonderen Ausgestaltung weist die Kontrollstruktur mindestens einen elektrischen Schwingkreis auf. Insbesondere ist die bestimmte elektrische Eigenschaft der Kontrollstruktur aus der Gruppe Gleichstrom-Widerstand und/oder Impedanz und/oder Hochfrequenz-Resonanz-Eigenschaft ausgewählt. Somit gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Degradation des Bauteils zu erfassen. Die angegebenen Verfahren können einzeln oder in Kombination mit einander durchgeführt werden.

Das Erfassen der Degradation erfolgt beispielsweise durch eine Resonanzmessung. Dies ist bei einer Kontrollstruktur in Form eines Schwingkreises möglich. Der Schwingkreis wirkt als Resonator für ein Hochfrequenzsignal. Mit Hilfe einer Antenne

kann das Hochfrequenzsignal in den Schwingkreis eingekoppelt werden. Das Hochfrequenzsignal wird vom Schwingkreis wieder abgestrahlt und kann von derselben oder einer anderen Antenne erfasst werden. Eine Beschädigung einer Leiterbahn des

5 Schwingkreises führt zu einem veränderten Resonanzverhalten bezüglich einer Frequenz und/oder Amplitude und/oder Phase des Hochfrequenzsignals. Auf diese Weise ist insbesondere eine Degradation eines nicht zugänglichen

10 Oberflächenabschnitts eines Bauteils erfassbar. Die Möglichkeit des Erfassens der Degradation ist dabei nicht von einer Dicke der Hitzeschilde begrenzt. Zum Erfassen der Degradation braucht das Bauteil nur mit der Antenne

15 abgetastet werden. Beispielsweise ist auf der Rückseite des Hitzeschildes einer Brennkammer, die im eingebauten Zustand nicht zugänglich ist, ein Schwingkreis angebracht. In einer

20 Standphase der Gasturbine erfolgt das Erfassen eines Risses durch einfaches Aufsetzen der Antenne auf das Hitzeschild im Innenraum der Brennkammer. Innerhalb kürzester Zeit kann auf diese Weise eine Vielzahl von Hitzeschilden auf ihre Funktionsfähigkeit hin überprüft werden.

Alternativ dazu kann auch der Gleichstrom-Widerstand gemessen werden. Eine teilweise oder vollständige Unterbrechung einer Leiterbahn der Kontrollstruktur führt zu einer Veränderung des Gleichstrom-Widerstands der Kontrollstruktur.

Beispielsweise weist das Bauteil zur elektrischen Kontaktierung einer nicht zugänglichen Kontrollstruktur eine elektrische Durchkontaktierung (Via) auf. Über die

30 Durchkontaktierung kann der Gleichstrom-Widerstand der Kontrollstruktur gemessen werden. Bei einem in der Brennkammer eingebauten Hitzeschild kann der Gleichstrom-Widerstand beispielsweise dadurch gemessen werden, dass die Kontrollstruktur durch einen Spalt zwischen benachbarten Hitzeschilden hindurch elektrisch kontaktiert wird.

35 Zum Überprüfen der Funktionsfähigkeit des Bauteils kann auch eine Impedanzmessung durchgeführt werden. Dabei wird eine

frequenzabhängige Impedanz der Kontrollstruktur gemessen. Die Impedanz ändert sich ebenfalls, wenn die Leiterbahn der Kontrollstruktur beschädigt ist. Die elektrische Kontaktierung erfolgt wie bei der Widerstandsmessung.

5

Ein Kombination der drei angegebenen Messverfahren ist zur Bestimmung der Funktionsfähigkeit der Kontrollstruktur vorteilhaft. Es kann eine Minimalfunktion der Kontrollstruktur überprüft werden.

10

In einer besonderen Ausgestaltung weist die Kontrollstruktur mindestens ein aus der Gruppe metallischer Leiter und/oder keramische Leiter ausgewähltes elektrisch leitfähiges Leitermaterial auf. Denkbar ist beispielsweise, dass die Kontrollstruktur aus einem sogenannten Cermet aufgebaut ist. In dem Cermet sind Partikel eines metallischen Leiters in einer Keramik derart verteilt, dass eine bestimmte elektrische Leitfähigkeit resultiert. Alternativ dazu kann die Kontrollstruktur aus einem elektrisch leitfähigen, keramischen Material bestehen. In beiden Fällen liegt ein sprödes Leitermaterial vor. Eine Riss im Bauteil kann sich als Riss in der Kontrollstruktur fortsetzen.

15

20

30

35

Das Bauteilmaterial des Bauteils und das Leitermaterial der Kontrollstruktur können aus völlig verschiedenen Materialien mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften bestehen. Beispielsweise besteht das Bauteil aus einem Metall. Aufgrund einer Duktilität des Metalls kann es zu einer Degradation des Bauteils in Form einer Verbiegung kommen. Damit die Verbiegung mit Hilfe der Kontrollstruktur bestimmt werden kann, wird beispielsweise die Kontrollstruktur elektrisch isolierend auf der Oberfläche des Bauteils aufgebracht. Als elektrischer Isolator fungiert beispielsweise eine Keramik. Wenn nun die Kontrollstruktur aus einem spröden Leitermaterial gebildet ist, führt die Verbiegung des Bauteils zu einem Riss in der Kontrollstruktur. Eine

elektrische Eigenschaft der Kontrollstruktur ändert sich. Dadurch ist die Verbiegung des Bauteils nachweisbar.

5 In einer besonderen Ausgestaltung weisen ein Bauteilmaterial des Bauteils und das Leitermaterial der Kontrollstruktur eine im Wesentlichen gleiche mechanische Eigenschaft auf. Diese mechanische Eigenschaft ist insbesondere aus der Gruppe
10 Temperatúrausdehnungs-Verhalten und Bruchzähigkeit ausgewählt. Bei einem Bauteil in Form eines Hitzeschildes tritt zwischen einer Betriebsphase und einer Standphase der Gasturbine ein sehr großer Temperaturunterschied auf. Im Betrieb wird beispielsweise im Innenraum der Brennkammer eine Temperatur von bis zu 1500 °C erreicht. Durch das im
15 Wesentlichen gleiche Temperatúrausdehnungs-Verhalten ist gewährleistet, dass der Kontakt zwischen der Kontrollstruktur und dem Bauteil auch während eines Wechsels zwischen Betriebsphase und Standphase bestehen bleibt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Bruchzähigkeit des Bauteilmaterials und des Leitermaterials im Wesentlichen
20 gleich sind. Insbesondere dadurch wird erreicht, dass sich ein Bruch oder ein Riss im Bauteil in die Kontrollstruktur fortsetzen kann.

Neben den im Wesentlichen gleichen mechanischen Eigenschaften ist es vorteilhaft, wenn sich das Bauteilmaterial und das Leitermaterial durch eine zumindest ähnliche Stabilität gegenüber einem äußeren Einfluss auszeichnen. Der äußere Einfluss ist beispielsweise eine Atmosphäre oder eine Temperatur, der das Bauteil und/oder die Kontrollstruktur
30 während des Betriebs ausgesetzt sind. Beispielsweise tritt auf dem Oberflächenabschnitt des Hitzeschildes, der dem Innenraum abgekehrt ist, im Betrieb der Brennkammer eine Oberflächentemperatur von bis zu 800°C auf. Das Leitermaterial der Kontrollstruktur ist daher vorteilhaft bis
35 zu 800°C temperaturbeständig.

In einer weiteren Ausgestaltung ist die Kontrollstruktur an einem Oberflächenabschnitt des Bauteils und/oder im Volumen des Bauteils angeordnet. Zum Herstellen der Anordnung wird beispielsweise als Bauteilmaterial des Bauteils und/oder als
5 Leitematerial der Kontrollstruktur eine Keramik verwendet, Zum festen Verbinden des Bauteils und der Kontrollstruktur wird dazu ein gemeinsames Sintern des Bauteils und der Kontrollstruktur durchgeführt. Beispielsweise wird auf dem
10 Oberflächenabschnitt eines bereits fertigen keramischen Bauteils eine Paste eines keramischen Leitematerials aufgebracht. Der Oberflächenabschnitt kann dabei von einer im Bauteil befindlichen Nut mit der Form der herzustellenden Kontrollstruktur gebildet sein. Zum Aufbringen der Paste eignet sich beispielsweise ein Siebdruckverfahren oder eine
15 Maskenverfahren. Das Leitematerial wird dabei je nach Anforderung als Schleife, Spirale oder Mäander aufgetragen. Maßgebend sind hier die Art, Form und Toleranzgrenze der zu erfassenden Degradation. Durch gemeinsames Sintern bei einer Sintertemperatur der Paste bildet sich dann aus der Paste die
20 Kontrollstruktur mit dem keramische Leitematerial. Denkbar ist auch, dass das Bauteil in Form eines keramischen Grünkörpers vorliegt und auf den keramischen Grünkörper die Paste des keramischen Leitematerials aufgetragen wird. Durch ein gemeinsames Sintern, bei dem sowohl ein Verdichten des keramischen Bauteilmaterials des Bauteils als auch ein Verdichten des keramischen Leitematerials der Kontrollstruktur stattfindet, wird die Anordnung hergestellt.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die
30 Kontrollstruktur im Volumen des Bauteils angeordnet. Dies gelingt beispielsweise dadurch, dass das Bauteil aus mehreren Schichten besteht. Die Schichten werden zusammen mit der Kontrollstruktur beispielsweise durch gemeinsames Sintern zusammengefügt. Es liegt ein keramischer Mehrschichtkörper
35 vor, in dessen Volumen die Kontrollstruktur integriert ist. Eine eventuell notwendige elektrische Kontaktierung für eine

Impedanz- oder Widerstandsmessung erfolgt vorteilhaft über eine elektrische Durchkontaktierung.

5 Zusammenfassend ergeben sich mit der Erfindung folgende besonderen Vorteile:

- Mit der vorliegenden Erfindung ist ein schnelles, einfaches und zerstörungsfreies Prüfverfahren zum Erfassen einer Degradation eines Bauteils möglich.

10

- Das Bauteil selbst kann eine extrem inhomogene Struktur aufweisen. Ebenso kann das Bauteil eine relativ große Bauteildicke aufweisen. Der Nachweis der Degradation ist auch unter diesen Randbedingungen möglich.

15

- Die Degradation kann auch an einem Oberflächenabschnitt des Bauteils bestimmt werden, der nur schwer zugänglich sind.

20

- Die Funktionsfähigkeit des Bauteils kann sowohl in einer Standphase als auch in einer Betriebsphase erfolgen.

- Die Überprüfung der Funktionsfähigkeit erfolgt einfach, schnell und sicher.

Anhand mehrerer Ausführungsbeispiele und der zugehörigen Figuren wird im Folgenden die Erfindung näher vorgestellt. Die Figuren sind schematisch und stellen keine maßstabsgetreuen Abbildungen dar.

30

Figur 1 zeigt eine Degradation eines Bauteils, die sich als Degradation der Kontrollstruktur fortsetzt.

35

Figur 2 zeigt eine Anordnung aus Bauteil und Kontrollvorrichtung mit Kontrollstruktur in perspektivischer Darstellung.

Figur 3 zeigt eine auf einem Oberflächenabschnitt des Bauteils aufgebrachte Kontrollstruktur.

Figur 4 zeigt ein Verfahren zum Herstellen einer Anordnung aus Bauteil und Kontrollvorrichtung.

Figur 5 zeigt ein Verfahren zum Überprüfen einer Funktionsfähigkeit eines Bauteils unter Verwendung der Anordnung.

Beispiel 1:

Die Anordnung 1 besteht aus einem Bauteil 2 in Form eines Hitzeschildes und einer Kontrollvorrichtung 3 zum Erfassen einer Degradation 5 des Bauteils 1 (Figur 2). Die Kontrollvorrichtung weist eine auf einem Oberflächenabschnitt 10 des Hitzeschildes 1 aufgebrachte elektrisch leitfähigen Kontrollstruktur 4 mit einer bestimmten elektrischen Eigenschaft auf. Der Oberflächenabschnitt 10 ist dem Innenraum 6 einer Brennkammer abgekehrt. Die Kontrollstruktur ist ein Schwingkreis 7 bestehend aus einer Leiterbahn 8 und einem Kondensator 9. Die zu erfassende Degradation 5 ist eine Rissausbreitung eines vorhandenen Risses.

Das Hitzeschild 2 weist als Bauteilmaterial eine Keramik auf. Die Keramik ist Mullit. Das Leitermaterial der Kontrollstruktur 4 ist ein bis zu einer Temperatur von 800°C beständiger, elektrisch leitfähiger keramischer Leiter. Das Leitermaterial und das Bauteilmaterial sind spröde. Sie zeigen eine im Wesentlichen gleiche Bruchzähigkeit.

Die Kontrollstruktur 4 ist auf dem Oberflächenabschnitt 10 des Hitzeschildes 2 derart aufgebracht, dass sich jeder Riss 5 im Hitzeschild 2, der sich vom Rand 11 des Hitzeschildes 2 in Richtung Mitte 12 des Hitzeschildes 2 ausbreitet und eine bestimmte Länge überschreitet, in der Kontrollstruktur 4 fortsetzt. Sobald die Länge des Risses 5 eine kritische Länge

überschreitet, führt die weitere Ausbreitung des Risses 5 zu einer Degradation 17 (Rissbildung) in der Kontrollstruktur 4 (Figur 1). Die elektrischen Eigenschaften der Kontrollstruktur 4 ändern sich.

5

Zum Erfassen der Degradation der Kontrollstruktur 4 und damit zur Erfassung der Degradation 5 des Hitzeschildes 2 wird mit Hilfe einer Antenne 13 Energie in Form eines Hochfrequenz-Signals in den Schwingkreis 7 eingekoppelt. Wenn die

10 Kontrollstruktur 4 zerstört ist, kann die Energie nicht in die Kontrollstruktur 4 eingekoppelt werden. Mit der Antenne 13, die nicht nur als Sender, sondern auch als Empfänger des Hochfrequenz-Resonanz-Signals fungiert, wird die Degradation der Kontrollstruktur 4 dadurch erfasst, dass von der

15 Kontrollstruktur 4 keine durch die Antenne 13 aufnehmbare Energie abgestrahlt wird.

Zum Erfassen der Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes 2, das in einer Brennkammer einer Gasturbine eingebaut ist, wird in einer Standphase der Gasturbine die Hochfrequenz-Resonanz-Eigenschaft des Schwingkreises 7 überprüft (Figur 5). Es wird der augenblickliche Ist-Wert erfasst (Verfahrensschritt 51) und mit einem Soll-Wert überprüft (Verfahrensschritt 52).

20 Wenn der Ist-Wert vom Soll-Wert tolerierbar abweicht, ist die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes 2 gewährleistet. Die Länge eines eventuell vorhandenen Risses 5 hat eine kritische Länge noch nicht erreicht. Das Hitzeschild muss nicht ausgetauscht werden. Weichen dagegen Ist-Wert und Soll-Wert nicht tolerabel voneinander ab, so ist die Funktionsfähigkeit
30 des Hitzeschildes nicht mehr gewährleistet. Das Hitzeschild 2 muss ausgetauscht werden.

Zum Herstellen der Anordnung 1 werden das Hitzeschild 2 und die Kontrollstruktur 4 aneinander angeordnet und fest
35 miteinander verbunden (Verfahrensschritte 41 und 42, Figur 4). Dazu wird eine elektrisch leitfähige, keramische Paste in Form der Kontrollstruktur 4 auf dem Oberflächenabschnitt 10

des Hitzeschildes 2 aufgetragen und gemeinsam mit dem Hitzeschild 2 gesintert. Bei dem Sintervorgang findet ein Verdichten der elektrisch leitfähigen Paste zum keramischen Leiter statt.

5

Beispiel 2

Im Gegensatz zur vorhergehend beschriebenen Anordnung besteht die Kontrollstruktur 4 aus einem Netzwerk von inneren
10 Leiterbahnen 14 und äußeren Leiterbahnen 14. Jede der Leiterbahnen 14 und 15 zeichnet sich durch einen bestimmten Gleichstrom-Widerstand aus. An den von Rissen 5
unbeeinflussten Stellen des Hitzeschildes 2 sind die Leiterbahnen 14 und 15 als elektrische Kontaktstellen 16 zum
15 Bestimmen der elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur bis zum Rand des Hitzeschildes 2 geführt. Die inneren Leiterbahnen 14 werden normalerweise durch Risse 5 nicht beeinflusst. Sie dienen bei der Bestimmung des Gleichstrom-Widerstandes der Kontrollstruktur der Überprüfung der
20 Kontaktstellen 16. Dazu weisen die inneren Leiterbahnen 14 einen anderen elektrischen Widerstand auf als die äußeren Leiterbahnen 15.

Bei einem Riss 5 kommt es zur Erhöhung des elektrischen Gleichstrom-Widerstands der durch den Riss 5 zerstörten Leiterbahn 15.

Beispiel 3:

30 Es wird mit Hilfe der zuvor beschriebenen Anordnung eine Degradation des Hitzeschildes nicht über die Messung des Gleichstrom-Widerstandes der Kontrollstruktur 4, sondern über die Messung der frequenzabhängigen Impedanz der Kontrollstruktur erfasst.

Patentansprüche

1. Anordnung (1) aus einem Bauteil (2) und mindestens einer
Kontrollvorrichtung (3) zum Erfassen einer Degradation
5 (5) des Bauteils (2),
dadurch gekennzeichnet, dass
- die Kontrollvorrichtung (3) mindestens eine von einer
Funktion des Bauteils entkoppelte elektrisch leitfähige
Kontrollstruktur (4) mit einer bestimmten elektrischen
10 Eigenschaft aufweist und
- das Bauteil (2) und die Kontrollstruktur (4) derart fest
miteinander verbunden sind, dass die Degradation (5) des
Bauteils (2) eine Degradation (17) der Kontrollstruktur
(4) und damit eine Änderung der bestimmten elektrischen
15 Eigenschaft der Kontrollstruktur (4) bewirkt.
2. Anordnung nach Anspruch 1, wobei die Degradation (5) des
Bauteils und/oder die Degradation (17) der
Kontrollstruktur aus der Gruppe Verformung und/oder
20 Materialabtrag und/oder Rissbildung und/oder
Rissausbreitung ausgewählt ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die
Kontrollstruktur (4) mindestens einen elektrischen
Schwingkreis (7) aufweist.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die
Kontrollstruktur (4) mindestens ein aus der Gruppe
metallischer Leiter und/oder keramischer Leiter
30 ausgewähltes elektrisch leitfähiges Leitermaterial
aufweist.
5. Anordnung nach Anspruch 4, wobei ein Bauteilmaterial des
Bauteils und das Leitermaterial der Kontrollstruktur
35 eine im Wesentliche gleiche mechanische Eigenschaft
aufweisen.

6. Anordnung nach Anspruch 5, wobei die mechanische Eigenschaft zumindest aus der Gruppe Temperaturausdehnungsverhalten und/oder Bruchzähigkeit ausgewählt ist.

5

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Kontrollstruktur (4) an einem Oberflächenabschnitt (10) des Bauteils (2) und/oder im Volumen des Bauteils (2) angeordnet ist.

10

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Bauteil (2) ein Hitzeschild einer Brennkammer ist.

15

9. Anordnung nach Anspruch 8, wobei die Kontrollstruktur (4) an einem Oberflächenabschnitt (10) des Hitzeschildes (2) angeordnet ist, der einem Innenraum (6) der Brennkammer abgekehrt ist.

20

10. Verfahren zum Herstellen einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit den Verfahrensschritten:

- a) Aneinander Anordnen des Bauteils und der Kontrollstruktur und
- b) Festes Verbinden des Bauteils und der Kontrollstruktur.

30

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei als Bauteilmaterial des Bauteils und/oder als Leitematerial der Kontrollstruktur eine Keramik verwendet wird und zum festen Verbinden des Bauteils und der Kontrollstruktur ein gemeinsames Sintern des Bauteils und der Kontrollstruktur durchgeführt wird.

35

12. Verfahren zum Überprüfen einer Funktionsfähigkeit eines Bauteils unter Verwendung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit den Verfahrensschritten:
- a) Bestimmen eines Ist-Werts mindestens einer bestimmten elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur und

b) Vergleich des Ist-Werts der elektrischen Eigenschaft mit einem die Funktionsfähigkeit des Bauteils wiedergebenden Soll-Werts der elektrischen Eigenschaft.

5 13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die bestimmte elektrische Eigenschaft der Kontrollstruktur aus der Gruppe Gleichstrom-Widerstand und/oder Impedanz und/oder Hochfrequenz-Resonanz-Eigenschaft ausgewählt wird.

10 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei das Bestimmen des Ist-Wertes der bestimmten elektrischen Eigenschaft in einer Betriebsphase des Bauteils und/oder in einer Standphase des Bauteils durchgeführt wird.

Zusammenfassung

**Anordnung aus einem Bauteil und einer Kontrollvorrichtung,
Verfahren zum Herstellen der Anordnung und Verwendung der
5 Anordnung**

Die Anordnung (1) besteht aus einem Bauteil (2) und
mindestens einer Kontrollvorrichtung (3) zum Erfassen einer
10 Degradation (5) des Bauteils. Die Kontrollvorrichtung weist
eine von einer Funktion des Bauteils entkoppelte elektrisch
leitfähige Kontrollstruktur (4) mit einer bestimmten
elektrischen Eigenschaft auf. Die Kontrollstruktur und das
Bauteil sind derart fest miteinander verbunden sind, dass die
Degradation des Bauteils eine Degradation (17) der
15 Kontrollstruktur und damit eine Änderung der bestimmten
elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur bewirkt. Das
Bauteil ist beispielsweise ein keramisches Hitzeschild einer
Brennkammer einer Gasturbine. Die Kontrollstruktur besteht
aus einem spröden keramischen Leitermaterial. Ein Riss des
20 Hitzeschildes setzt sich als Riss der Kontrollstruktur fort.
Dadurch ändert sich eine Funktion der Kontrollstruktur als
Resonator für eingestrahlte, hochfrequente elektromagnetische
Wellen, ein Gleichstrom-Widerstand der Kontrollstruktur und
eine frequenzabhängige Impedanz der Kontrollstruktur. Die
Anordnung wird zur Überprüfung einer Funktionsfähigkeit des
Bauteils verwendet. Das Herstellen der Anordnung erfolgt
beispielsweise durch gemeinsames Sintern des Bauteils und der
Kontrollstruktur.

30 Figur 1

1/2

Fig 1

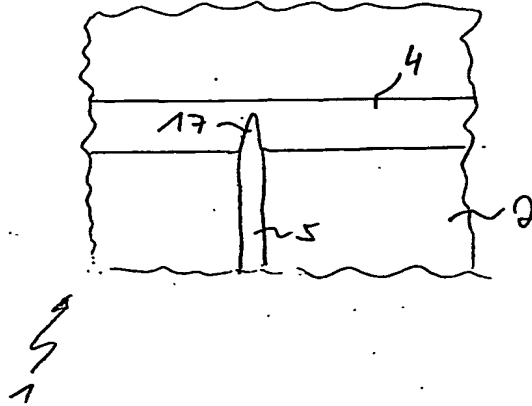
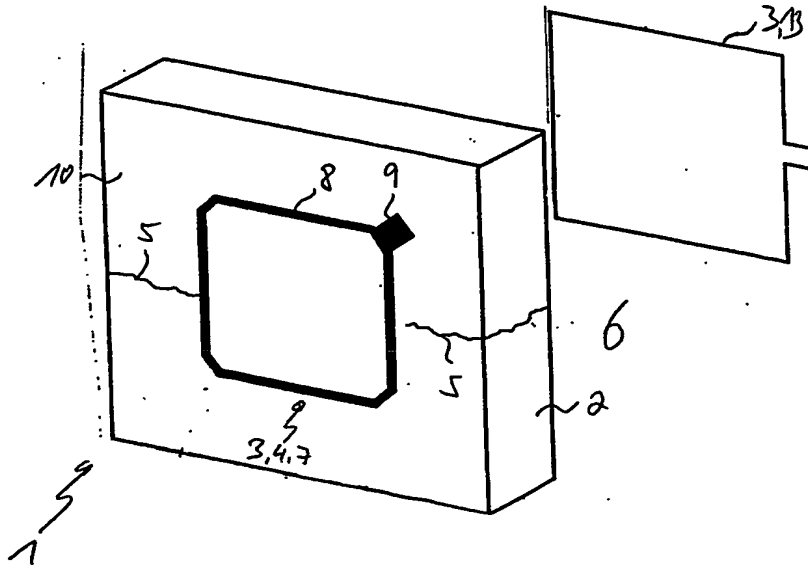


Fig 2



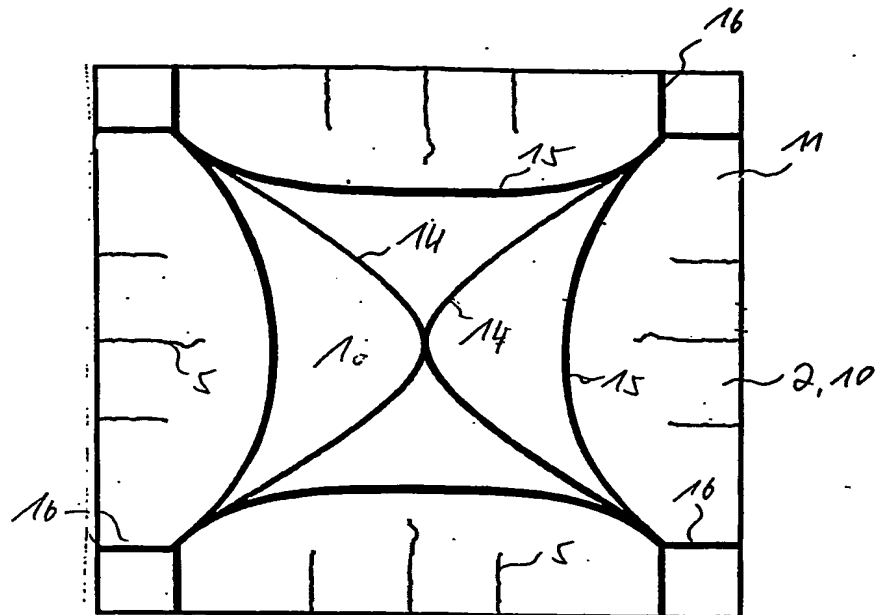


Fig 3



Aneinander Anordnen von Bauteil ~ 41
und Kontrollstruktur

Fig 4

Fester Verbinden des Bauteils und ~ 42
der Kontrollstruktur

Bestimmen des Ist-Orts der elektr. ~ 51
Eigenschaft der Kontrollstruktur

Fig 5

Vergleichen des Ist-Orts mit dem Soll-Ort ~ 52
der elektr. Eigenschaft der Kontrollstruktur

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.